

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50178/2021
(22) Anmeldetag: 12.03.2021
(43) Veröffentlicht am: 15.09.2022

(51) Int. Cl.: **H02K 3/34** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
EP 3780014 A1
EP 3767640 A1

(71) Patentanmelder:
Miba eMobility GmbH
4663 Laakirchen (AT)

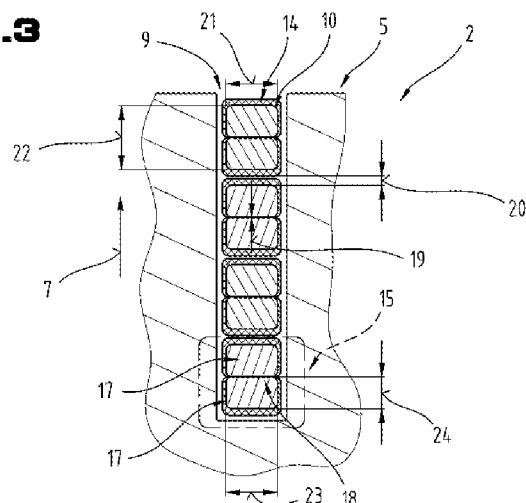
(72) Erfinder:
Eilenberger Andreas Dr.
3552 Lengenfeld (AT)
Morawetz Rudolf
39031 Bruneck (IT)

(74) Vertreter:
Anwälte Burger und Partner Rechtsanwalt
GmbH
4580 Windischgarsten (AT)

(54) **Maschinenbauteil**

(57) Die Erfindung betrifft ein Maschinenbauteil (2, 3) in Form eines Stators oder Rotors für eine elektrische Maschine (1), mit einem Blechpaket (5), in dem mehrere Nuten (9) angeordnet sind, wobei in den Nuten (9) eine Anzahl $N \geq 2$ an elektrischen Leitern (10) angeordnet ist, die voneinander und gegenüber dem Blechpaket (5) mittels einer Isolationsschicht (14) elektrisch isoliert sind. Zumindest einer der pro Nut (9) angeordneten elektrischen Leiter (10) ist durch eine Anzahl n Subleiter (17) gebildet, wobei die Subleiter (17) parallel zueinander verlaufend angeordnet sind, und durch eine Zwischenisolationsschicht (18) elektrisch voneinander isoliert sind, wobei eine Schichtdicke (19) der Zwischenisolationsschicht (18) kleiner ist als eine Schichtdicke (19) der Isolationsschicht (14) zwischen den elektrischen Leitern (10) in der Radialrichtung (7) der Nuten (9).

Fig.3



Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Maschinenbauteil (2, 3) in Form eines Stators oder Rotors für eine elektrische Maschine (1), mit einem Blechpaket (5), in dem mehrere Nuten (9) angeordnet sind, wobei in den Nuten (9) eine Anzahl $N \geq 2$ an elektrischen Leitern (10) angeordnet ist, die voneinander und gegenüber dem Blechpaket (5) mittels einer Isolationsschicht (14) elektrisch isoliert sind. Zumindest einer der pro Nut (9) angeordneten elektrischen Leiter (10) ist durch eine Anzahl n Subleiter (17) gebildet, wobei die Subleiter (17) parallel zueinander verlaufend angeordnet sind, und durch eine Zwischenisolationsschicht (18) elektrisch voneinander isoliert sind, wobei eine Schichtdicke (19) der Zwischenisolationsschicht (18) kleiner ist als eine Schichtdicke (19) der Isolationsschicht (14) zwischen den elektrischen Leitern (10) in der Radialrichtung (7) der Nuten (9).

Fig. 3

Die Erfindung betrifft ein Maschinenbauteil in Form eines Stators oder Rotors für eine elektrische Maschine, mit einem Blechpaket, das sich in einer Axialrichtung, einer Radialrichtung und einer Umfangsrichtung erstreckt, und in dem mehrere Nuten angeordnet sind, wobei sich die Nuten in der Axialrichtung und der Radialrichtung des Blechpakets erstrecken und in der Umfangsrichtung des Blechpakets nebeneinander angeordnet und voneinander beabstandet sind, wobei weiter in den Nuten eine Anzahl $N \geq 2$ an elektrischen Leitern angeordnet ist, und die elektrischen Leiter voneinander und gegenüber dem Blechpaket mittels einer Isolationsschicht elektrisch isoliert sind, wobei sich die Isolationsschicht über jeweils den gesamten Leiterumfang sowie in der Axialrichtung des Blechpakets zumindest über eine Gesamthöhe des Blechpakets erstreckt.

Die Erfindung betrifft weiter eine elektrische Maschine umfassend einen Stator und einen Rotor.

Zudem betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Maschinenbauteils in Form eines Stators oder eines Rotors für eine elektrische Maschine, umfassen die Schritte: Bereitstellung eines Blechpakets das sich in einer Axialrichtung, einer Radialrichtung und einer Umfangsrichtung erstreckt, und in dem mehrere Nuten angeordnet sind, wobei sich die Nuten in der Axialrichtung und der Radialrichtung des Blechpakets erstrecken und in der Umfangsrichtung des Blechpakets nebeneinander angeordnet und voneinander beabstandet sind, Bereitstellung einer Anzahl von $N \geq 2$ an elektrischen Leitern, die eine Isolationsschicht zur elektrischen Isolierung der elektrischen Leiter voneinander aufweisen, wobei sich die Isolationsschicht über jeweils den gesamten Leiterumfang sowie in der Axialrich-

tung des Blechpakets zumindest über eine Gesamthöhe des Blechpakets erstreckt, Anordnung der elektrischen Leiter in den Nuten des Blechpakets, und Kontaktierung der elektrischen Leiter.

Prinzipiell sind derartige elektrische Maschinen sowie die hierfür verwendeten Statoren und Rotoren aus dem Stand der Technik bekannt, sodass zu weiteren Einzelheiten dazu auf diesen einschlägigen Stand der Technik verwiesen sei. Eine elektrische Maschine kann vorzugsweise auch einen Rotor umfassen, welcher beispielsweise auf einer drehbaren Welle verdrehfest angeordnet sein kann. Im Betrieb einer z.B. als Elektromotor ausgebildeten elektrischen Maschine wird aufgrund der erzeugten Magnetfelder der Rotor in eine Drehbewegung versetzt. Der Stator ist aber prinzipiell auch ohne Rotor für die Erzeugung eines Drehfeldes einsetzbar.

Statoren für elektrische Elektromotoren umfassen elektrische Spulen, die in Form von Wicklungen um einen elektrisch und magnetisch leitfähigen Kern ausgeführt sind und bei Stromdurchfluss der Spulen in dem Statorpaket ein Magnetfeld erzeugen, welches zum Antrieb des Elektromotors erforderlich ist. Diese Wicklungen können z.B. dadurch erzeugt werden, dass U-förmig gebogene Leiterelemente oder auch stabförmige Leiterelemente in das Statorpaket gesteckt werden und die vorgesehenen Leiterelemente zu Wicklungen verschalten werden. Üblicherweise werden mehrere elektrische Leiter pro Nut angeordnet.

Die teils recht hohe elektrische Spannung, welche an den einzelnen elektrischen Leitern im Betrieb anliegt, kann zur Ausbildung eines elektrischen Kontakts zwischen den Leitern und/oder zum Blechpaket führen. Um dies zu vermeiden ist es erforderlich die elektrischen Leiter gegeneinander, sowie zum Blechpaket hin zu isolieren, wie dem Fachmann bekannt ist. Beispielsweise beschreibt die EP3 043 355 A1 elektrische Leiter mit einer äußeren Isolierschicht, welche aus einem thermoplastischen Kunststoff gebildet wird. Zwischen den Leitern ist eine duroplastische Schicht angeordnet, die dünner ist als die thermoplastische Kunststoffschicht.

Aus der WO 2019/227115 A1 ist ein Stator für eine elektrische Maschine bekannt, bei dem die Isolationsschicht ein in Umfangsrichtung und Radialrichtung durchgehend geschlossenes und direkt auf dem elektrischen Leiter angeformtes thermoplastisches Hochleistungspolymer umfasst, wobei die Isolationsschicht zumindest in Umfangsrichtung eine Gesamtumfangsschichtdicke aufweist, welche zumindest das 1.5-fache bis 3-fache einer Gesamtradialschichtdicke in Radialrichtung des jeweiligen elektrischen Leiters aufweist. Es wird damit eine ausreichend gute Isolation zwischen den elektrischen Leitern sowie zum Blechpaket und ein hoher Füllfaktor an elektrischen Leitern in den dafür vorgesehenen Nuten des Blechpakets erreicht.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die Effizienz einer elektrischen Maschine zu verbessern.

Die Aufgabe der Erfindung wird mit dem eingangs genannten Maschinenbauteil gelöst, bei dem vorgesehen ist, dass zumindest einer der pro Nut angeordneten elektrischen Leiter durch eine Anzahl n Subleiter gebildet ist, wobei die Subleiter zumindest in den Nuten parallel zueinander verlaufend angeordnet sind, und durch eine Zwischenisolationsschicht elektrisch voneinander isoliert sind, wobei eine Schichtdicke der Zwischenisolationsschicht kleiner ist als eine Schichtdicke der Isolationsschicht zwischen den elektrischen Leitern in radialer Richtung der Nuten.

Weiter wird die Aufgabe mit der eingangs genannten elektrischen Maschine gelöst, die das erfindungsgemäße Maschinenbauteil aufweist.

Zudem wird die Aufgabe der Erfindung mit dem eingangs genannten Verfahren gelöst, wonach zumindest einer der pro Nut angeordneten elektrischen Leiter aus einer Anzahl n Subleiter gebildet wird, wobei die Subleiter zumindest in den Nuten parallel zueinander verlaufend angeordnet werden, und durch eine Zwischenisolationsschicht elektrisch voneinander isoliert werden, wobei eine Schichtdicke der Zwischenisolationsschicht kleiner gewählt wird als eine Schichtdicke der Isolationsschicht zwischen den elektrischen Leitern in radialer Richtung der Nuten.

Von Vorteil ist dabei, dass bei gegebener Windungszahl der elektrischen Wicklung durch die Aufteilung von zumindest einem der elektrischen Leiter auf mehrere Subleiter die Wirbelstromverlust in der Wicklung reduziert werden können. Durch die Verwendung einer dünnen Zwischenisolationsschicht kann eine zu große Reduktion des Füllfaktors der Nuten mit den elektrischen Leitern vermieden werden. In Summe kann durch gesetzten Maßnahmen die Effektivität des Maschinenbauteils bzw. der damit ausgestatteten elektrischen Maschine verbessert werden.

Zur weiteren Verbesserung dieser Effekte kann nach Ausführungsvarianten der Erfindung vorgesehen sein, dass die Anzahl I an Subleitern pro elektrischem Leiter ausgewählt ist aus einem Bereich von 2 bis 5 und/oder dass die Anzahl an Subleitern pro Nut ausgewählt ist aus einem Bereich von $2 \cdot N$ bis $5 \cdot N$. Bei einer Anzahl von mehr als fünf Subleitern pro elektrischem Leiter wird einerseits der Aufwand zur Herstellung des Maschinenbauteils übermäßig erhöht, andererseits wird durch die Zunahme Platzbedarf an zusätzlicher Zwischenisolationsschicht der Füllfaktor der Nuten zu sehr reduziert, sodass also eine weitere Erhöhung der Anzahl der Subleiter nicht zu einer weiteren Effizienzsteigerung (im gewünschten Ausmaß) führt. Von Vorteil ist dabei auch, wenn jeder der N elektrischen Leiter in Subleiter unterteilt wird, sodass die genannten Effekte bei jedem der in den Nuten angeordneten elektrischen Leiter verwirklicht werden können.

Gemäß einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung kann zur Verbesserung des Nutfüllfaktors vorgesehen sein, dass eine Schichtdicke der Zwischenisolationsschicht zwischen 1 % und 20 % der maximalen Schichtdicke der Isolationschicht beträgt. Mit einer Schichtdicke von unter 1 % der maximalen Schichtdicke der Isolationsschicht wird die Isolationswirkung der elektrischen Isolierung zwischen den Subleitern reduziert. Bei einer Schichtdicke von mehr als 20 % der maximalen Schichtdicke der Isolationsschicht wird die radiale Ausdehnung der oder des elektrischen Leiter(s) ohne weitere Verbesserung der elektrischen Isolierung der Subleiter voneinander bzw. ohne eine weitere Effizienzsteigerung des Maschinenbauteils zu groß, sodass bei einer Schichtdicke von mehr als 20 % der maximalen Schichtdicke der Isolationsschicht lediglich der Nutfüllfaktor über Gebühr reduziert wird.

Ebenfalls zur Verbesserung des Füllfaktors der Nuten mit den elektrischen Leitern kann nach Ausführungsvarianten der Erfindung vorgesehen werden, dass die elektrischen Leiter einen zumindest annähernd viereckigen Querschnitt mit einer Breite und einer Höhe aufweisen, und/oder dass die Subleiter einen zumindest annähernd viereckigen Querschnitt mit einer Subleiter-Breite und einer Subleiter-Höhe aufweisen.

Dabei kann nach einer Ausführungsvarianten der Erfindung zur Reduktion von Stromwärmeverlusten vorgesehen sein, dass ein Verhältnis von Breite zu Höhe des Querschnitts der elektrischen Leiter ausgewählt ist aus einem Bereich von 1 : 1 bis 4 : 1, und/oder dass die Breite des Querschnitts der elektrischen Leiter ein ganzzahliges Vielfaches der Subleiter-Breite des Querschnitts der Subleiter ist und/oder die Höhe der Leiter ein ganzzahliges Vielfaches der Subleiter-Höhe des Querschnitts der Subleiter ist, und/oder dass die Breite des Querschnitts der elektrischen Leiters ausgewählt ist aus einem Bereich von 100 % bis 450 % der Subleiter-Höhe des Querschnitts der Subleiter. Ein Verhältnis der Subleiter-Höhe zur Subleiter-Breite kann beispielsweise ausgewählt sein aus einem Bereich von 1/2 bis 1/8 bei zwei Subleitern pro Leiter und von 1/4 bis 1/16 bei vier Subleitern.

Zur einfacheren Herstellbarkeit der Leiter aus den Subleitern kann nach einer Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen sein, dass die Zwischenisolationsschicht aus dem Material der Isolationsschicht besteht.

Gemäß einer anderen Ausführungsvariante der Erfindung kann aber auch vorgesehen sein, dass die Zwischenisolationsschicht aus einem zum Material der Isolationsschicht unterschiedlichen Material besteht. Es kann damit gegebenenfalls die Schichtdicke der Zwischenisolationsschicht im Vergleich zu einer Zwischenisolationsschicht aus dem Material der Isolationsschicht reduziert werden, womit der Nutfüllfaktor verbessert werden kann.

Nach einer anderen Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die elektrischen Leiter eine Leiterlängsachse aufweisen, und dass die Subleiter anschließend an eine axiale Stirnfläche des Blechpakets einen Dachschlag

aufweisen, in dem sie um einen Drehwinkel zwischen 170° und 190° , vorzugsweise um 180° , um die Leiterlängsachse 25 gedreht sind. Durch die Drehung eine Verkürzung der Subleiter zueinander erreicht werden. Dies wiederum ermöglicht die Anordnung derselben Subleiter in den Nuten auf unterschiedlichen radialen Höhen, womit Kreisströme zwischen parallelen Zweigen in den Nuten besser verhindert werden können.

Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

Es zeigen jeweils in vereinfachter, schematischer Darstellung:

- Fig. 1 eine elektrische Maschine in Seitenansicht;
- Fig. 2 ein Maschinenbauteil in Form eines Stators in Schrägansicht;
- Fig. 3 einen Ausschnitt aus einem Maschinenbauteil;
- Fig. 4 einen Ausschnitt aus Ausführungsvariante des Maschinenbauteils im Bereich oberhalb einer Stirnfläche des Blechpakets.

Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind diese Lageangaben bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

In Fig. 1 ist eine elektrische Maschine 1 vereinfacht in Seitenansicht dargestellt. Die elektrische Maschine 1 umfasst ein Maschinenbauteil 2, das bei der Ausführungsvariante der elektrischen Maschine 1 ein Stator ist. Im Stator ist ein weiteres Maschinenbauteil 3 in Form eines Rotors drehfest auf einer Welle 4 angeordnet. Durch die im Betrieb der als Elektromotor ausgebildeten elektrischen Maschine 1

wird aufgrund der erzeugten Magnetfelder der Rotor in eine Drehbewegung versetzt. Der Stator ist aber prinzipiell auch ohne Rotor für die Erzeugung eines Drehfeldes einsetzbar.

Der Rotor an sich kann dem Stand der Technik entsprechend ausgebildet sein. Es ist umgekehrt auch möglich, den Rotor erfindungsgemäß und den Stator dem Stand der Technik entsprechend auszubilden. Wenn daher im folgenden Ausführungen betreffend die Erfindung in Bezug auf das Maschinenbauteil 2, 3 getätigt werden, sind diese entweder auf den Stator oder auf den Rotor bezogen, wobei das Maschinenbauteil 2 nach der Erfindung bevorzugt ein Stator ist.

Die elektrische Maschine 1 ist zwar bevorzugt ein Elektromotor, kann aber auch anders ausgeführt sein, beispielsweise als Generator.

Wie bereits eingangs erwähnt, sind derartige elektrische Maschinen 1 an sich aus dem Stand der Technik bekannt, sodass zu weiteren Details dazu der Fachmann an die einschlägige Literatur verwiesen sei.

In Fig. 2 ist eine Ausführungsvariante des als Stator ausgebildeten Maschinenbauteils 2 in einer Schrägansicht schematisch dargestellt. Das Maschinenbauteil 2 umfasst ein Blechpaket 5, das sich in einer Axialrichtung 6, einer Radialrichtung 7 und einer Umfangsrichtung 8 erstreckt. Im Blechpaket 5 sind eine Vielzahl von Nuten 9 in der Umfangsrichtung 8 verteilt und voneinander beabstandet angeordnet, und erstrecken sich in der Axialrichtung 6 und der Radialrichtung 7 des Blechpakets 5. Die Nuten 9 sind dabei in der Längsrichtung Axialrichtung 6 durchgehend ausgebildet.

In Fig. 2 sind beispielhaft mehrere elektrische Leiter 10 vor ihrer Verbindung zu einer elektrischen Wicklung dargestellt. Analog dazu ist beispielhaft aus Fig. 2 ersichtlich, dass mehrere elektrische Leiter 10 zur Ausbildung einer Spule in der Umfangsrichtung 8 verbogen sein können und miteinander korrespondierende elektrische Leiter 10 miteinander verbunden vorliegen können. Die Nuten 9 des Blechpakets 5 können in der Radialrichtung 7 und der Axialrichtung 6 des Stators 1 offen sein. Derartige Öffnungen können als Luftspalt 11 ausgebildet sein. Die

Bereiche des Blechpakets 5, welche die Nuten 9 in der Axialrichtung 6 begrenzen, können in der Umfangsrichtung 8 als Zahnköpfe 12 ausgebildet sein. An der gegenüberliegenden Seite der jeweiligen Nut 9 befindet sich ein Nutengrund 13. Die genaue Anzahl an Nuten 9 sowie der darin aufgenommenen elektrischen Leiter 10 richtet sich nach der gewünschten Größe bzw. Auslegung der elektrischen Maschine 1. Jedenfalls ist in den Nuten 9 eine Anzahl $N \geq 2$ an elektrischen Leitern 10 angeordnet. Bei dem in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel des Maschinenbauteils 2 sind in den Nuten 9 des Blechpakets 5 jeweils vier elektrische Leiter 10 vorgesehen. Diese Anzahl ist aber die Erfindung nicht beschränkend zu verstehen, sondern kann eine davon abweichende Anzahl an elektrischen Leitern 10 vorgesehen sein. Beispielsweise können pro Nut 9 des Blechpakets 5 zwischen 2 und 20 oder zwischen 2 und 12 elektrische Leiter 10 angeordnet sein.

Grundsätzlich können die Nuten 9 unterschiedlichste Querschnittsformen aufweisen, wobei zur Aufnahme von elektrischen Leitern 10 insbesondere rechteckige Querschnitte der Nuten 9 bevorzugt werden.

Zur elektrischen Isolation der einzelnen elektrischen Leiter 10 voneinander sowie zum Blechpaket 5 ist zumindest eine Isolationsschicht 14 vorgesehen, die besser aus Fig. 3 ersichtlich ist, die einen Ausschnitt aus dem Maschinenbauteil 2 im Bereich einer Nut 9 zeigt. Die Isolationsschicht 14 erstreckt sich über jeweils einen gesamten Leiterumfang 15 sowie in der Axialrichtung 6 des Blechpakets 5 zumindest über eine Gesamthöhe 16 (siehe Fig. 2) des Blechpakets 5. Die Isolationsschicht 14 ist in der Umfangsrichtung 8 sowie der Radialrichtung 7 und der Axialrichtung 6 durchgehend geschlossen, um die elektrischen Leiter 10 zumindest innerhalb des Blechpakets 5 zu ummanteln.

Es ist vorgesehen, dass zumindest einer der pro Nut 9 angeordneten elektrischen Leiter 10 durch eine Anzahl n Subleiter 17 gebildet ist. In der bevorzugten Ausführungsvariante des Maschinenbauteils 2 sind sämtliche elektrischen Leiter 10 durch Subleiter gebildet, sodass gilt: $n = 2 \cdot N$. Ein Beispiel dafür ist in Fig. 3 gezeigt, bei dem alle vier elektrischen Leiter 10 durch jeweils zwei Subleiter 17 gebildet sind. Das Maschinenbauteil 2 kann aber auch eine davon abweichende Anzahl an in

Subleiter 17 unterteilte Anzahl an elektrischen Leitern 10 aufweisen, beispielsweise nur zwei oder drei oder fünf oder sechs, etc.

Generell kann gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante des Maschinenbauteils 2 vorgesehen sein, dass die Anzahl n an Subleitern 17 pro Nut 9 ausgewählt ist aus einem Bereich von $2 \cdot N$ bis $5 \cdot N$. Es kann dabei nur einer oder es können mehrere oder alle elektrischen Leiter 10 in Subleiter 17 unterteilt sein. Beispielsweise kann in der Radialrichtung 7 betrachtet jeder zweite elektrische Leiter 10 durch Subleiter 17 gebildet sein. Möglich ist auch eine Paketweise Anordnung, dass beispielsweise eine Anzahl von zwei oder mehreren elektrischen Leitern 10, die unmittelbar nebeneinander (und nur durch die Isolationsschicht 14 voneinander getrennt sind) angeordnet sind, durch Subleiter 17 gebildet sind, und der Rest der elektrischen Leiter 10 herkömmlich ohne Subleiter 17 ausgebildet sind. Beispielsweise können nur die radial inneren oder die radial äußeren elektrischen Leiter 10 durch Subleiter 17 gebildet sein. Vorzugsweise gilt jedoch bei Maschinenbauteilen mit Hairpin Wicklung, dass die Anzahl der Subleiter 17 gleich ist, der Anzahl der Leiter 10 pro Nut 9 mal zwei.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante des Maschinenbauteils 2 kann vorgesehen sein, dass die Anzahl n an Subleitern 17 pro elektrischem Leiter 10 ausgewählt ist aus einem Bereich von 2 bis 5. 2 Subleiter 17 werden insbesondere bei sogenannten Hairpin-Wicklungen bevorzugt, um damit eine symmetrische Verteilung der Subleiter 17 einfacher zu ermöglichen, bei der jeder Subleiter 17 jede radiale Position in den Nuten 9 „sieht“, bezogen auf den gesamten Maschinenbauteil 2. Bei sogenannten I-Pin Wicklungen ist eine Umsetzung mit mehr als zwei Subleitern 17 hingegen einfacher zu realisieren.

Durch die Aufteilung des oder mehrerer oder der elektrischen Leiter 10 auf Subleiter 17 kann bei vorgegebener effektiver Windungszahl des Maschinenbauteils 2 dessen Effizienz erhöht werden (verglichen mit dem gleichen Maschinenbauteil 2 ohne die Aufteilung zumindest eines der elektrischen Leiter 10 in Subleiter 17).

Die Subleiter 17 sind zumindest in den Nuten 9 parallel zueinander verlaufend angeordnet. Zur elektrischen Isolation der Subleiter 17 eines elektrischen Leiters 10

voneinander ist zumindest eine Zwischenisolationsschicht 18 vorgesehen. Eine Schichtdicke 19 der Zwischenisolationsschicht 18 ist zur Vermeidung der Reduktion des Füllfaktors der Nut 9 mit elektrischen Leitern 10 (Kupferfüllfaktor) kleiner als eine Schichtdicke 20 der Isolationsschicht 14 zwischen den elektrischen Leitern 10 in der Radialrichtung 7 der Nuten 9.

Die Schichtdicke 19 der Zwischenisolationsschicht 18 kann in Abhängigkeit der maximalen Betriebsspannung des Maschinenbauteils 2 gewählt werden. Die Schichtdicke 19 kann dabei auf ein Minimum reduziert werden, um den Füllfaktor der Nut 9 mit elektrischen Leitern 10 möglichst wenig zu reduzieren.

Vorzugsweise kann gemäß einer weiteren Ausführungsvariante des Maschinenbauteils 2 vorgesehen sein, dass die Schichtdicke 19 der Zwischenisolationsschicht 18 zwischen 1 % und 20 % der maximalen Schichtdicke 20 der Isolationsschicht 14 beträgt, wobei insbesondere auch vorgesehen sein kann, dass die Schichtdicke 19 der Zwischenisolationsschicht mindestens 2 μm , insbesondere mindestens 5 μm , und maximal 300 μm , insbesondere maximal 170 μm , beträgt. Die maximale Schichtdicke 20 der Isolationsschicht 14 kann beispielsweise in der Radialrichtung 7 zwischen den elektrischen Leitern 10 ausgebildet sein, wie dies die Fig. 3 zeigt. Die maximale Schichtdicke 20 der Isolationsschicht 14 kann aber auch in einem anderen Bereich ausgebildet sein, beispielsweise seitlich in Richtung auf das Blechpaket 5. Die Schichtdicke 20 der Isolationsschicht 14 kann also über den Leiterumfang 15 der elektrischen Leiter 10 und/oder in der Axialrichtung 6 variieren. Vorzugsweise bezieht sich die angeführte Ausführungsvariante der Schichtdicke 19 der Zwischenisolationsschicht 18 von 1 % und 20 % der maximalen Schichtdicke 20 der Isolationsschicht 14 auf die Schichtdickenvariation in Richtung des Leiterumfanges 15.

Es ist weiter möglich, dass zwischen zwei unmittelbar nebeneinanderliegenden Subleitern 17 nur jeweils eine Zwischenisolationsschicht 18 ausgebildet ist. Andererseits können auch mehrere, beispielsweise zwei, Zwischenisolationsschichten 18 angeordnet werden. Dabei kann nach einer weiteren Ausführungsvariante des Maschinenbauteils 2 vorgesehen sein, dass die Schichtdicke 19 der Zwischeniso-

Isolationsschicht 18 zwischen 1 % und 20 % der maximalen Schichtdicke 20 der Isolationsschicht 14 bezogen ist auf die Summe der Einzelschichtdicken der Zwischenisolationsschichten 18.

Mehrere Zwischenisolationsschichten 18 können beispielsweise ausgebildet werden, indem die Subleiter 17 beispielsweise im Extrusionsverfahren mit einer elektrischen Isolierung versehen werden. Somit kann jeder Subleiter 17 mit einer Zwischenisolationsschicht 18 versehen sein. Die Subleiter 17 werden dann mit den dünnen Zwischenisolationsschichten 18 aneinander anliegend angeordnet. Es können also zur Herstellung der elektrischen Leiter 10 vorab alle Subleiter 17 vollumfänglich mit einer elektrischen Isolierung ausgebildet werden, die über den Umfang betrachtet eine unterschiedliche Schichtdicke 19, 20 aufweist.

Es ist auch möglich, dass alternativ dazu vorab auf zumindest einem von zwei Subleitern 17 (oder bei n Subleitern 17 beispielsweise auf $n-1$) nur die Zwischenisolationsschicht 18 angeordnet wird, dass daran anschließend die Subleiter 17 so zueinander angeordnet werden, dass je zumindest eine Zwischenisolationsschicht 18 zwischen zwei Subleitern 17 vorhanden ist. Dieses Paket aus Subleitern 17 kann anschließend über den gesamten Leiterumfang 15 mit der Isolationsschicht 14 versehen werden.

Prinzipiell sind auch andere Herstellungsverfahren für die Herstellung der elektrischen Leiter 10 aus den Subleitern 17 bzw. die Ausbildung der Isolationsschicht 14 und/oder der Zwischenisolationsschicht 18 möglich.

Je nach Herstellung kann damit auch die Isolationsschicht 14 einen unterschiedlichen Schichtdickenverlauf (über den Leiterumfang 15 betrachtet) aufweisen. So kann beispielsweise vorgesehen sein, dass sich die Isolationsschicht 14 am Übergang zur Zwischenisolationsschicht 18 (zusätzlich) verjüngt, wie dies aus Fig. 3 ersichtlich ist. Wird hingegen die Isolationsschicht 14 nachträglich auf das Paket aus Subleitern 17 aufgebracht, kann dieser Bereich auch mit einer vergleichsweise dickeren Isolationsschicht 14 versehen sein.

Nach weiteren Ausführungsvarianten des Maschinenbauteils 2 kann vorgesehen sein, dass die Zwischenisolationsschicht 18 aus dem gleichen Material der Isolationschicht 14 oder einem dazu unterschiedlichen Material besteht. Es können damit auch rein duroplastische oder rein thermoplastische oder eine Mischung aus duroplastischen und thermoplastischen elektrischen Isolierungen der aus den Subleitern 17 gebildeten elektrischen Leiter 9 innerhalb der Nuten 9 ausgebildet werden. Die Zwischenisolationsschicht 18 kann beispielsweise aus extrudierbaren, polymeren, thermoplastischen Material ausgewählt aus der Gruppe aromatischer Polysulfone (PAES) oder Mischungen aus aromatischen Polysulfonen (PAES), Polysulfon (PSU), Polyethersulfon (PES oder PESU) oder Polyphenylensulfon (PPSU), oder aus Mischungen dieser aromatischen Polysulfone (PAES), oder Polyetheretherketonen (PEEK), Polyamidimoden (PAI) und Polyphenylensulfid (PPS), etc., bestehen oder zumindest einen dieser Kunststoffe umfassen. Es können aber auch andere (synthetische) Polymere für die Zwischenisolationsschicht 18 eingesetzt werden.

Prinzipiell können die elektrischen Leiter 10 jede geeignete Querschnittsform aufweisen. Beispielsweise können sie einen runden Querschnitt aufweisen. In der bevorzugten Ausführungsvariante des Maschinenbauteils 2 weisen die elektrischen Leiter 10 und/oder die Subleiter 17 eine mehreckige Querschnittsform, insbesondere eine zumindest annähernd viereckige bzw. rechteckige Querschnittsform, auf. Das „zumindest annähernd“ bezieht sich dabei auf die Möglichkeit, dass die Ecken nicht scharfkantig, sondern gerundet oder gefast ausgebildet sein können.

Beispielsweise können die elektrischen Leiter 10 einen viereckigen Querschnitt mit einer Breite 21 und einer Höhe 22 aufweisen. Dabei kann gemäß einer Ausführungsvariante vorgesehen sein, dass ein Verhältnis der Breite 21 zur Höhe 22 des Querschnitts der elektrischen Leiter 10 ausgewählt ist aus einem Bereich von 1 : 1 bis 4 : 1. Beispielsweise kann der elektrische Leiter 10 (oder können die Subleiter 17) eine Breite 21 zwischen 1,5 mm und 8 mm, und eine Höhe 22 zwischen 1 mm bis 3 mm aufweisen.

Nach einer anderen Ausführungsvariante des Maschinenbauteils können die Subleiter 17 einen zumindest annähernd viereckigen Querschnitt mit einer Subleiter-

Breite 23 und einer Subleiter-Höhe 24 aufweisen. Dabei kann vorgesehen sein, dass die Breite 21 des Querschnitts der elektrischen Leiter 10 ein ganzzahliges Vielfaches der Subleiter-Breite 23 des Querschnitts der Subleiter 17 ist und/oder die Höhe 22 der elektrischen Leiter 10 ein ganzzahliges Vielfaches der Subleiter-Höhe 24 des Querschnitts der Subleiter 17 ist. Bei dem in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Subleiter-Breite 23 gleich der Breite 21 und die Subleiter-Höhe 24 die Hälfte der Höhe 22. Generell kann Breite 21 der elektrischen Leiter 10 ausgewählt sein aus einem Bereich von $2 \cdot$ bis $4 \cdot$ der Subleiter-Breite 23 der Subleiter 17 und/oder die Höhe 22 der elektrischen Leiter 10 ausgewählt sein aus einem Bereich von $2 \cdot$ bis $10 \cdot$ der Subleiter-Höhe 24 der Subleiter 17.

Vorzugsweise weisen alle Subleiter 17 eines elektrischen Leiters 10 die gleiche Subleiter-Breite 23 und die gleiche Subleiter-Höhe 24 auf. Es ist aber auch möglich, dass die oder zumindest einzelne der Subleiter 17 eines elektrischen Leiters 10 eine zueinander ungleiche Subleiter-Breite 23 und/oder ungleiche Subleiter-Höhe 24 aufweisen. Beispielsweise können die Subleiter 17 eines elektrischen Leiters 10 in der Radialrichtung 7 dünner oder dicker werden, bezogen auf den radial innersten Subleiter 17 dieses elektrischen Leiters 10.

Gemäß einer weiteren Ausführungsvariante des Maschinenbauteils 2 kann vorgesehen sein, dass die Breite 21 des Querschnitts der elektrischen Leiters 10 ausgewählt ist aus einem Bereich von 100 % bis 450 % der Subleiter-Höhe 24 des Querschnitts der Subleiter 17. Ein Verhältnis der Subleiter-Höhe 24 zur Subleiter-Breite 23 kann beispielsweise ausgewählt sein aus einem Bereich von $1/2$ bis $1/8$ bei zwei Subleitern 17 pro Leiter und von $1/4$ bis $1/16$ bei vier Subleitern 17.

Nach einer anderen, in Fig. 4 dargestellten Ausführungsvariante des Maschinenbauteils 2 kann vorgesehen sein, dass die elektrischen Leiter 10 eine Leiterlängsachse 25 aufweisen, und dass die Subleiter 17 anschließend an eine axiale Stirnfläche 26 (siehe Fig. 2) des Blechpakets 5 einen sogenannten Dachschlag aufweisen, in dem zumindest einzelne der Subleiter 17 um einen Drehwinkel in einer Drehrichtung 27 zwischen 170° und 190° , vorzugsweise um 180° , um die Leiterlängsachse 25 gedreht sind. Dies kann beispielsweise dadurch erreicht werden, dass die Subleiter 17 in seinem ersten und in seinem zweiten Abschnitt gehalten

und abgestützt werden, danach eine Schwenkbiege- oder Umschlagbewegung zwischen dem ersten und zweiten Abschnitt der Subleiter 17 um den Drehwinkel durchgeführt wird. Es kann damit einer relative Verkürzung der Höhen der Subleiter 17 in Richtung der Leiterlängsachse 25 erreicht werden, sodass beim Wiedereintauchen der elektrischen Leiter 10 in die nachfolgende Nut 9 (die Fig. 4 zeigt den Bereich in der Umfangsrichtung 8 des Blechpakets 5 zwischen zwei Nuten 9), die Subleiter 17 die radiale Höhe in der Nut 9 tauschen, ohne dass die Subleiter 17 letztendlich über die gesamte Wicklung betrachtet zu lange werden.

Mit der Erfindung kann ein Maschinenbauteil 2 in Form eines Stators oder ein Maschinenbauteil 3 in Form eines Rotors für eine elektrische Maschine 1 hergestellt werden, wobei das Verfahren zur Herstellung zumindest die folgenden Schritte umfasst:

- Bereitstellung eines Blechpakets 5 das sich in einer Axialrichtung 6, einer Radialrichtung 7 und einer Umfangsrichtung 8 erstreckt, und in dem mehrere Nuten 9 angeordnet sind, wobei sich die Nuten 9 in der Axialrichtung 6 und der Radialrichtung 7 des Blechpakets 5 erstrecken und in der Umfangsrichtung 8 des Blechpakets 5 nebeneinander angeordnet und voneinander beabstandet sind,
- Bereitstellung einer Anzahl von $N \geq 2$ an elektrischen Leitern 10, die eine Isolationsschicht 14 zur elektrischen Isolierung der elektrischen Leiter 10 voneinander aufweisen, wobei sich die Isolationsschicht 14 über jeweils den gesamten Leiterumfang 15 sowie in der Axialrichtung 6 des Blechpakets 5 zumindest über eine Gesamthöhe 16 des Blechpakets 5 erstreckt,
- Anordnung der elektrischen Leiter 10 in den Nuten 9 des Blechpakets 5, und Kontaktierung der elektrischen Leiter 10,
- wobei zumindest einer der pro Nut 9 angeordneten elektrischen Leiter 10 aus eine Anzahl n Subleiter 17 gebildet wird, wobei die Subleiter 17 in den Nuten 9 parallel zueinander verlaufend angeordnet werden, und durch eine Zwischenisolationsschicht 18 elektrisch voneinander isoliert werden, wobei eine Schichtdicke 19 der Zwischenisolationsschicht 18 kleiner gewählt wird als eine Schichtdicke 20 der

Isolationsschicht 14 zwischen den elektrischen Leitern 10 in der Radialrichtung 7 der Nuten 9.

Das Verfahren umfasst gegebenenfalls auch weitere übliche Schritte, wie beispielsweise das verschweißen den elektrischen Leiter 10, wenn diese als I-Pins oder Hairpins ausgebildet sind. Da diese Verfahrensschritte bekannt sind, sei zu weiteren Einzelheiten dazu an den einschlägigen Stand der Technik verwiesen.

Es ist auch möglich, dass die elektrischen Leiter 10 nicht pinförmig sondern über die Länge der Wicklung ununterbrochen aus einstückigen Subleitern 17 und gegebenenfalls einstückigen Leitern 10 ausgebildet ist.

Die Ausführungsbeispiele zeigen mögliche Ausführungsvarianten der elektrischen Maschine 1 bzw. des Maschinenbauteils 2, 3, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass auch Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind.

Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus der elektrischen Maschine 1 bzw. des Maschinenbauteils 2, 3 diese nicht notwendigerweise maßstäblich dargestellt wurden.

Bezugszeichenliste

- | | |
|----|---------------------------|
| 1 | Maschine |
| 2 | Maschinenbauteil |
| 3 | Maschinenbauteil |
| 4 | Welle |
| 5 | Blechkpaket |
| 6 | Axialrichtung |
| 7 | Radialrichtung |
| 8 | Umfangsrichtung |
| 9 | Nut |
| 10 | Leiter |
| 11 | Luftspalt |
| 12 | Zahnkopf |
| 13 | Nutengrund |
| 14 | Isolationsschicht |
| 15 | Leiterumfang |
| 16 | Gesamthöhe |
| 17 | Subleiter |
| 18 | Zwischenisolationsschicht |
| 19 | Schichtdicke |
| 20 | Schichtdicke |
| 21 | Breite |
| 22 | Höhe |
| 23 | Subleiter-Breite |
| 24 | Subleiter-Höhe |
| 25 | Leiterlängsachse |
| 26 | Stirnfläche |
| 27 | Drehrichtung |

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Maschinenbauteil (2, 3) in Form eines Stators oder Rotors für eine elektrische Maschine (1), mit einem Blechpaket (5), das sich in einer Axialrichtung (6), einer Radialrichtung (7) und einer Umfangsrichtung (8) erstreckt, und in dem mehrere Nuten (9) angeordnet sind, wobei sich die Nuten (9) in der Axialrichtung (6) und der Radialrichtung (7) des Blechpakets (5) erstrecken und in der Umfangsrichtung (8) des Blechpakets (5) nebeneinander angeordnet und voneinander beabstandet sind, wobei weiter in den Nuten (9) eine Anzahl $N \geq 2$ an elektrischen Leitern (10) angeordnet ist, und die elektrischen Leiter (10) voneinander und gegenüber dem Blechpaket (5) mittels einer Isolationsschicht (14) elektrisch isoliert sind, wobei sich die Isolationsschicht (14) über jeweils den gesamten Leiterumfang (15) sowie in der Axialrichtung (6) des Blechpakets (5) zumindest über eine Gesamthöhe (16) des Blechpakets (5) erstreckt, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einer der pro Nut (9) angeordneten elektrischen Leiter (10) durch eine Anzahl n Subleiter (17) gebildet ist, wobei die Subleiter (17) parallel zueinander verlaufend angeordnet sind, und durch eine Zwischenisolationsschicht (18) elektrisch voneinander isoliert sind, wobei eine Schichtdicke (19) der Zwischenisolationsschicht (18) kleiner ist als eine Schichtdicke (19) der Isolationsschicht (14) zwischen den elektrischen Leitern (10) in der Radialrichtung (7) der Nuten (9).

2. Maschinenbauteil (2, 3) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl n an Subleitern (17) pro elektrischem Leiter (10) ausgewählt ist aus einem Bereich von 2 bis 5.

3. Maschinenbauteil (2, 3) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl n an Subleitern (17) pro Nut (9) ausgewählt ist aus einem Bereich von $2 \cdot N$ bis $5 \cdot N$.

4. Maschinenbauteil (2, 3) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass eine Schichtdicke (19) der Zwischenisolationsschicht (18) zwischen 1 % und 20 % der maximalen Schichtdicke (20) der Isolationsschicht (14) beträgt.
5. Maschinenbauteil (2, 3) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrischen Leiter (10) einen zumindest annähernd viereckigen Querschnitt mit einer Breite (21) und eine Höhe (22) aufweisen.
6. Maschinenbauteil (2, 3) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein Verhältnis von Breite (21) zu Höhe (22) des Querschnitts der elektrischen Leiter (10) ausgewählt ist aus einem Bereich von 1 : 10 bis 6 : 1
7. Maschinenbauteil (2, 3) nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Subleiter (17) einen zumindest annähernd viereckigen Querschnitt mit einer Subleiter-Breite (23) und einer Subleiter-Höhe (24) aufweisen.
8. Maschinenbauteil (2, 3) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Breite (21) des Querschnitts der elektrischen Leiter (10) ein ganzzahliges Vielfaches der Subleiter-Breite (23) des Querschnitts der Subleiter (17) ist und/oder die Höhe (22) der Leiter (10) ein ganzzahliges Vielfaches der Subleiter-Höhe (24) des Querschnitts der Subleiter (17) ist.
9. Maschinenbauteil (2, 3) nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Breite (21) des Querschnitts der elektrischen Leiters (10) ausgewählt ist aus einem Bereich von 100 % bis 450 % der Subleiter-Höhe (24) des Querschnitts der Subleiter (17).
10. Maschinenbauteil (2, 3) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Zwischenisolationsschicht (18) aus dem Material der Isolationsschicht (14) besteht.

11. Maschinenbauteil (2, 3) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Zwischenisolationsschicht (18) aus dem Material der Isolationsschicht (14) unterschiedlichen Material besteht.
12. Maschinenbauteil (2, 3) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrischen Leiter (10) eine Leiterlängsachse (25) aufweisen, und dass die Subleiter (17) anschließend an eine axiale Stirnfläche (26) des Blechpakets (5) einen Dachschrägen aufweisen, in dem sie um einen Drehwinkel zwischen 170° und 190° um die Leiterlängsachse (25) gedreht sind.
13. Elektrische Maschine (1) umfassend einen Stator und einen Rotor, dadurch gekennzeichnet, dass der Stator oder der Rotor als Maschinenbauteil (2, 3) entsprechend einem der Ansprüche 1 bis 12 ausgebildet ist.
14. Verfahren zur Herstellung eines Maschinenbauteils (2, 3) in Form eines Stators oder eines Rotors für eine elektrische Maschine (1), umfassen die Schritte:
- Bereitstellung eines Blechpakets (5) das sich in einer Axialrichtung (6), einer Radialrichtung (7) und einer Umfangsrichtung (8) erstreckt, und in dem mehrere Nuten (9) angeordnet sind, wobei sich die Nuten (9) in der Axialrichtung (6) und der Radialrichtung (7) des Blechpakets (5) erstrecken und in der Umfangsrichtung (8) des Blechpakets (5) nebeneinander angeordnet und voneinander beabstandet sind,
 - Bereitstellung einer Anzahl von $N \geq 2$ an elektrischen Leitern (10), die eine Isolationsschicht (14) zur elektrischen Isolierung der elektrischen Leiter (10) voneinander aufweisen, wobei sich die Isolationsschicht (14) über jeweils einen gesamten Leiterumfang (15) sowie in der Axialrichtung (6) des Blechpakets (5) zumindest über eine Gesamthöhe (16) des Blechpakets (5) erstreckt,
 - Anordnung der elektrischen Leiter (10) in den Nuten (9) des Blechpakets (5), und Kontaktierung der elektrischen Leiter (10),
- dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einer der pro Nut (9) angeordneten elektrischen Leiter (10) aus einer Anzahl n Subleiter (17) gebildet wird, wobei die

Subleiter (17) zumindest in den Nuten (9) parallel zueinander verlaufend angeordnet werden, und durch eine Zwischenisolationsschicht (18) elektrisch voneinander isoliert werden, wobei eine Schichtdicke (19) der Zwischenisolationsschicht (18) kleiner gewählt wird als eine Schichtdicke (19) der Isolationsschicht (14) zwischen den elektrischen Leitern (10) in der Radialrichtung (7) der Nuten (9).

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Maschinenbauteil (2, 3) entsprechend einem der Ansprüche 2 bis 12 ausgebildet wird.

Fig.1

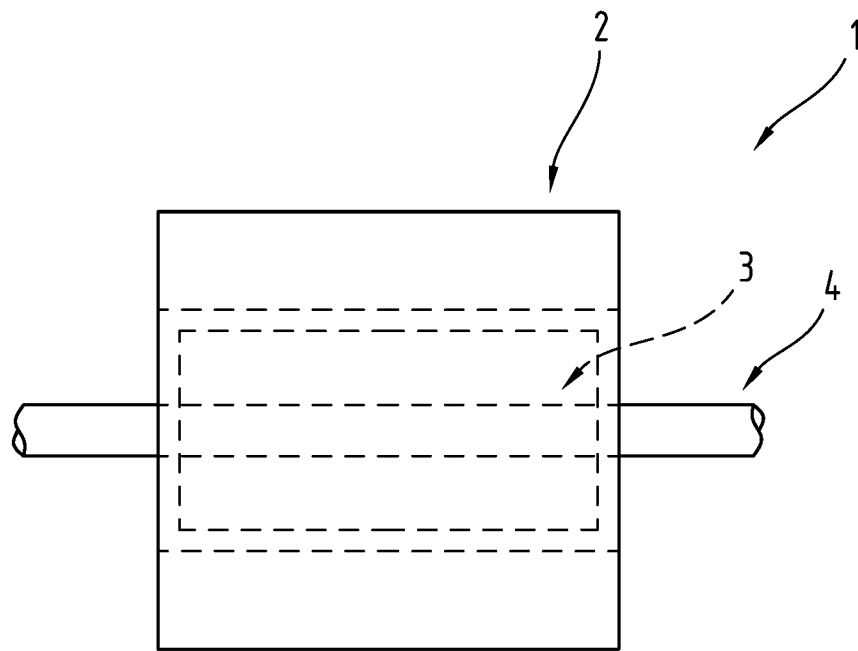


Fig.2

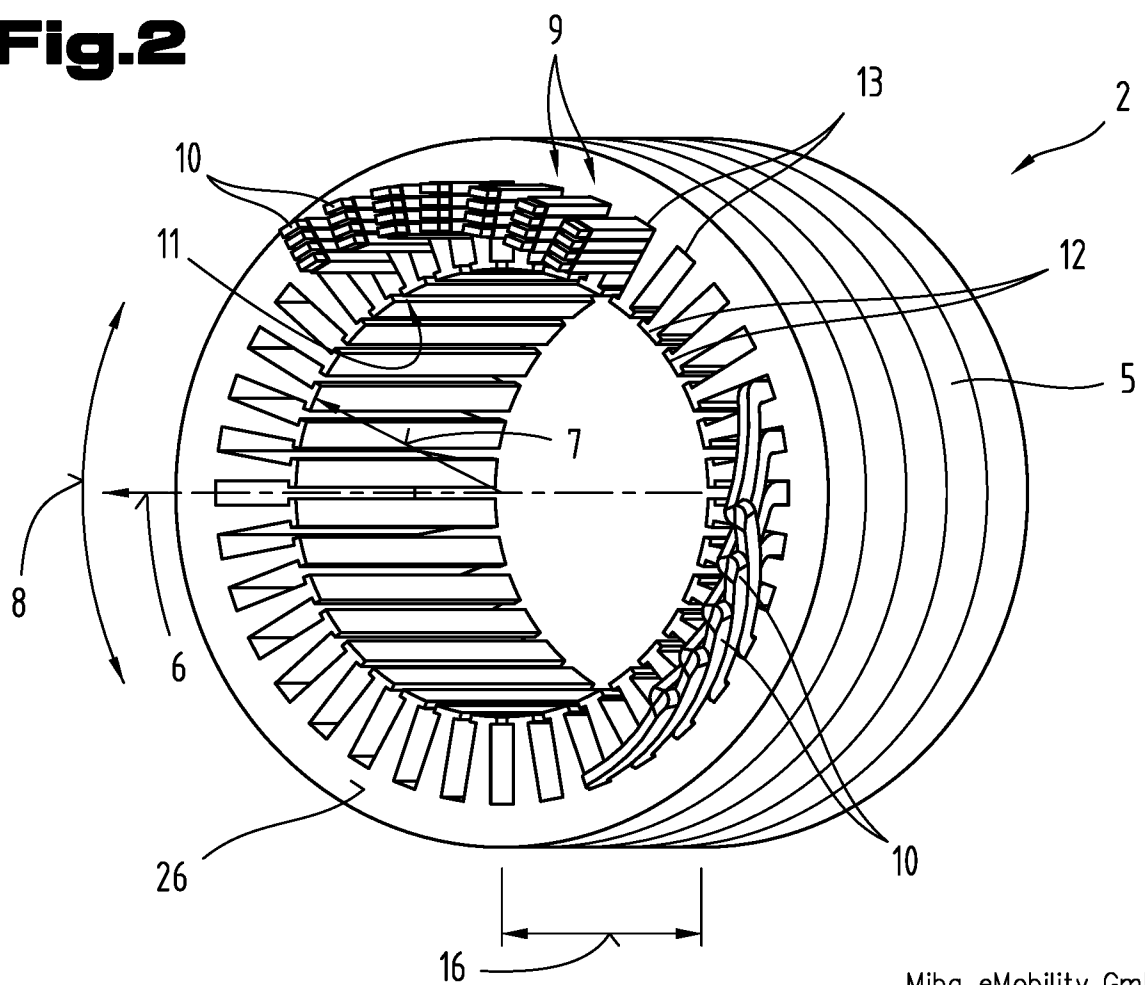


Fig.3

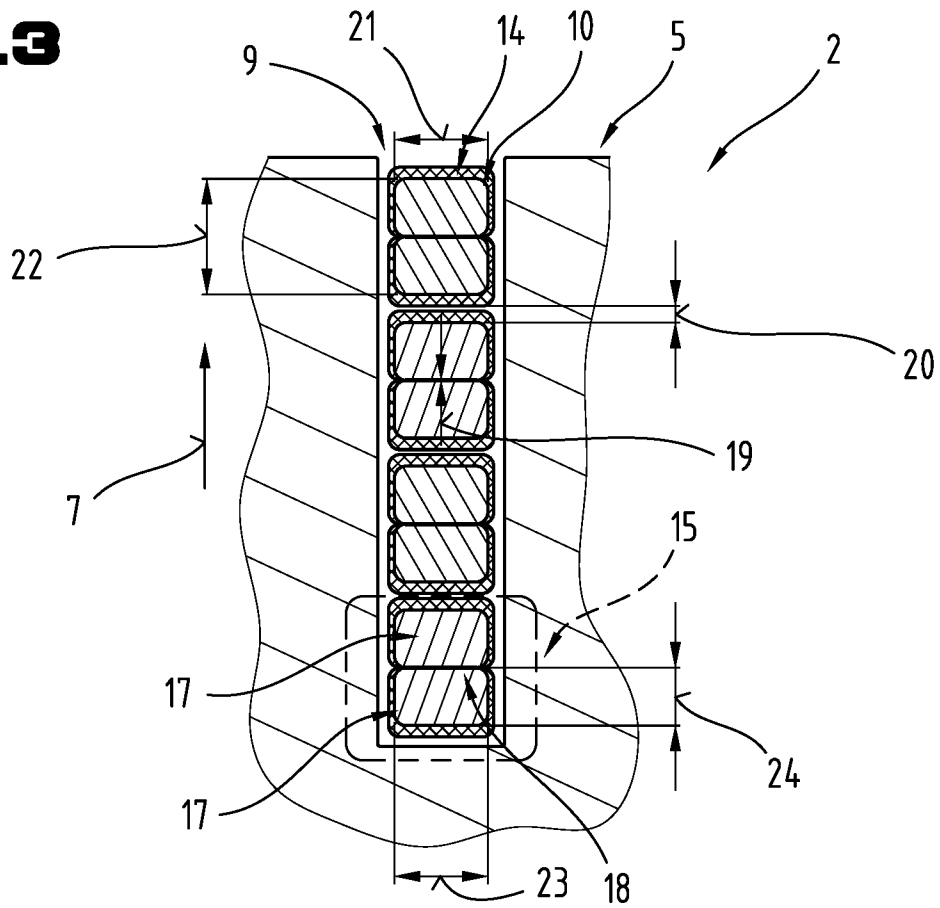
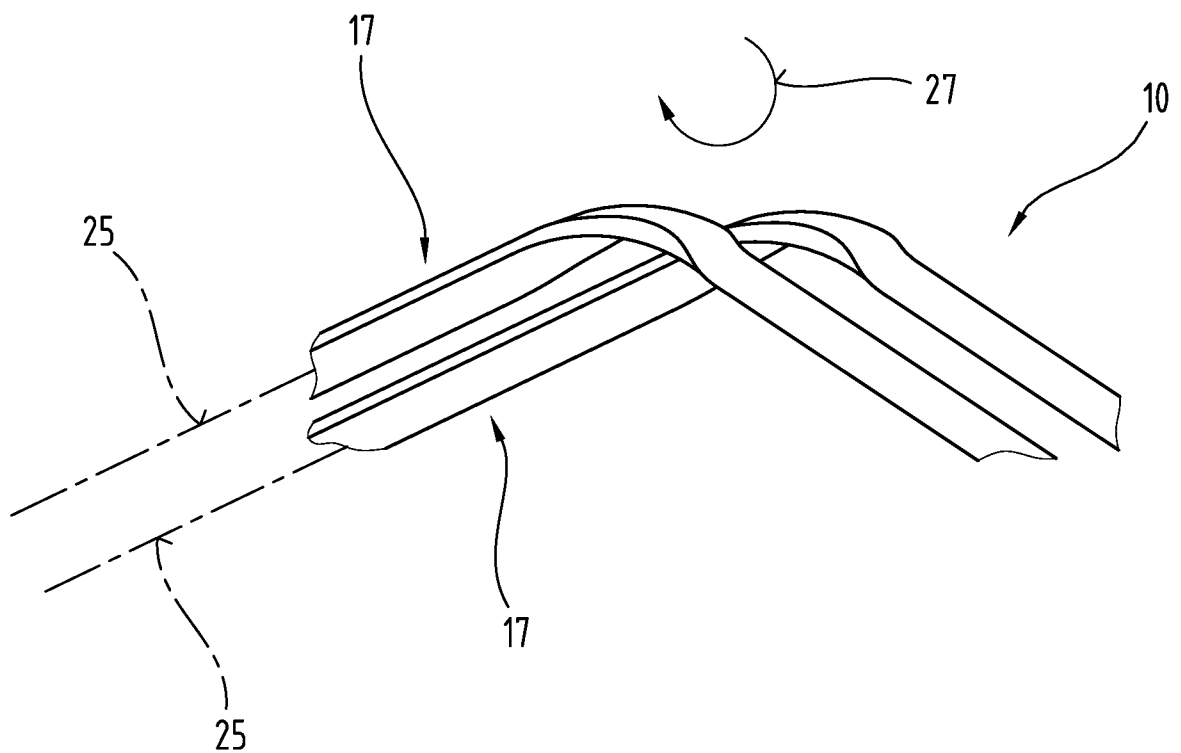


Fig.4



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:

H02K 3/34 (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:

H02K 3/34 (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):

H02K

Konsultierte Online-Datenbank:

EPODOC, WPIAP, PATENW, PATDEW

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 12.03.2021 eingereichten Ansprüchen 1-15 erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	EP 3780014 A1 (FURUKAWA ELECTRIC CO LTD) 17. Februar 2021 (17.02.2021) Zusammenfassung; Fig. 7, 12; Beschreibung der Figuren; Abs. 82, 102	1-15
X	EP 3767640 A1 (FURUKAWA ELECTRIC CO LTD et al.) 20. Januar 2021 (20.01.2021) Zusammenfassung; Fig. 1, 4, 5, 7; Beschreibung der Figuren; Tabellen 1-3	1-15

Datum der Beendigung der Recherche:

02.11.2021

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

KARLICEK Gerhard

^{*)} Kategorien der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
- P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Maschinenbauteil (2, 3) in Form eines Stators oder Rotors für eine elektrische Maschine (1), mit einem Blechpaket (5), das sich in einer Axialrichtung (6), einer Radialrichtung (7) und einer Umfangsrichtung (8) erstreckt, und in dem mehrere Nuten (9) angeordnet sind, wobei sich die Nuten (9) in der Axialrichtung (6) und der Radialrichtung (7) des Blechpakets (5) erstrecken und in der Umfangsrichtung (8) des Blechpakets (5) nebeneinander angeordnet und voneinander beabstandet sind, wobei weiter in den Nuten (9) eine Anzahl $N \geq 2$ an elektrischen Leitern (10) angeordnet ist, und die elektrischen Leiter (10) voneinander und gegenüber dem Blechpaket (5) mittels einer Isolationsschicht (14) elektrisch isoliert sind, wobei sich die Isolationsschicht (14) über jeweils den gesamten Leiterumfang (15) sowie in der Axialrichtung (6) des Blechpakets (5) zumindest über eine Gesamthöhe (16) des Blechpakets (5) erstreckt, wobei zumindest einer der pro Nut (9) angeordneten elektrischen Leiter (10) durch eine Anzahl n Subleiter (17) gebildet ist, wobei die Subleiter (17) parallel zueinander verlaufend angeordnet sind, und durch eine Zwischenisolationsschicht (18) elektrisch voneinander isoliert sind, wobei eine Schichtdicke (19) der Zwischenisolationsschicht (18) kleiner ist als eine Schichtdicke (19) der Isolationsschicht (14) zwischen den elektrischen Leitern (10) in der Radialrichtung (7) der Nuten (9), dadurch gekennzeichnet, dass die Subleiter (17) zur Ausbildung der Zwischenisolationsschicht (18) über den Umfang betrachtet eine elektrische Isolierung mit einer unterschiedlichen Schichtdicke (19, 20) aufweisen, oder dass die Zwischenisolationsschicht (18) ausschließlich zwischen den Subleitern (17) angeordnet ist.

2. Maschinenbauteil (2, 3) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl n an Subleitern (17) pro elektrischem Leiter (10) ausgewählt ist aus einem Bereich von 2 bis 5.

3. Maschinenbauteil (2, 3) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl n an Subleitern (17) pro Nut (9) ausgewählt ist aus einem Bereich von $2 \cdot N$ bis $5 \cdot N$.

4. Maschinenbauteil (2, 3) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass eine Schichtdicke (19) der Zwischenisolationsschicht (18) zwischen 1 % und 20 % der maximalen Schichtdicke (20) der Isolationsschicht (14) beträgt.
5. Maschinenbauteil (2, 3) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrischen Leiter (10) einen zumindest annähernd viereckigen Querschnitt mit einer Breite (21) und eine Höhe (22) aufweisen.
6. Maschinenbauteil (2, 3) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein Verhältnis von Breite (21) zu Höhe (22) des Querschnitts der elektrischen Leiter (10) ausgewählt ist aus einem Bereich von 1 : 10 bis 6 : 1
7. Maschinenbauteil (2, 3) nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Subleiter (17) einen zumindest annähernd viereckigen Querschnitt mit einer Subleiter-Breite (23) und einer Subleiter-Höhe (24) aufweisen.
8. Maschinenbauteil (2, 3) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Breite (21) des Querschnitts der elektrischen Leiter (10) ein ganzzahliges Vielfaches der Subleiter-Breite (23) des Querschnitts der Subleiter (17) ist und/oder die Höhe (22) der Leiter (10) ein ganzzahliges Vielfaches der Subleiter-Höhe (24) des Querschnitts der Subleiter (17) ist.
9. Maschinenbauteil (2, 3) nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Breite (21) des Querschnitts der elektrischen Leiters (10) ausgewählt ist aus einem Bereich von 100 % bis 450 % der Subleiter-Höhe (24) des Querschnitts der Subleiter (17).
10. Maschinenbauteil (2, 3) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Zwischenisolationsschicht (18) aus dem Material der Isolationsschicht (14) besteht.

11. Maschinenbauteil (2, 3) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Zwischenisolationsschicht (18) aus dem Material der Isolationsschicht (14) unterschiedlichen Material besteht.
12. Maschinenbauteil (2, 3) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrischen Leiter (10) eine Leiterlängsachse (25) aufweisen, und dass die Subleiter (17) anschließend an eine axiale Stirnfläche (26) des Blechpakets (5) einen Dachschrägen aufweisen, in dem sie um einen Drehwinkel zwischen 170° und 190° um die Leiterlängsachse (25) gedreht sind.
13. Elektrische Maschine (1) umfassend einen Stator und einen Rotor, dadurch gekennzeichnet, dass der Stator oder der Rotor als Maschinenbauteil (2, 3) entsprechend einem der Ansprüche 1 bis 12 ausgebildet ist.
14. Verfahren zur Herstellung eines Maschinenbauteils (2, 3) in Form eines Stators oder eines Rotors für eine elektrische Maschine (1), umfassen die Schritte:
- Bereitstellung eines Blechpakets (5) das sich in einer Axialrichtung (6), einer Radialrichtung (7) und einer Umfangsrichtung (8) erstreckt, und in dem mehrere Nuten (9) angeordnet sind, wobei sich die Nuten (9) in der Axialrichtung (6) und der Radialrichtung (7) des Blechpakets (5) erstrecken und in der Umfangsrichtung (8) des Blechpakets (5) nebeneinander angeordnet und voneinander beabstandet sind,
 - Bereitstellung einer Anzahl von $N \geq 2$ an elektrischen Leitern (10), die eine Isolationsschicht (14) zur elektrischen Isolierung der elektrischen Leiter (10) voneinander aufweisen, wobei sich die Isolationsschicht (14) über jeweils einen gesamten Leiterumfang (15) sowie in der Axialrichtung (6) des Blechpakets (5) zumindest über eine Gesamthöhe (16) des Blechpakets (5) erstreckt,
 - Anordnung der elektrischen Leiter (10) in den Nuten (9) des Blechpakets (5), und Kontaktierung der elektrischen Leiter (10),
- wobei zumindest einer der pro Nut (9) angeordneten elektrischen Leiter (10) aus einer Anzahl n Subleiter (17) gebildet wird, wobei die Subleiter (17) zumindest in

den Nuten (9) parallel zueinander verlaufend angeordnet werden, und durch eine Zwischenisolationsschicht (18) elektrisch voneinander isoliert werden, wobei eine Schichtdicke (19) der Zwischenisolationsschicht (18) kleiner gewählt wird als eine Schichtdicke (19) der Isolationsschicht (14) zwischen den elektrischen Leitern (10) in der Radialrichtung (7) der Nuten (9), dadurch gekennzeichnet, dass die Subleiter (17) zur Ausbildung der Zwischenisolationsschicht (18) über den Umfang betrachtet mit einer elektrischen Isolierung mit einer unterschiedlichen Schichtdicke (19, 20) hergestellt werden, oder dass die Zwischenisolationsschicht (18) ausschließlich zwischen den Subleitern (17) angeordnet wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Maschinenbauteil (2, 3) entsprechend einem der Ansprüche 2 bis 12 ausgebildet wird.